

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

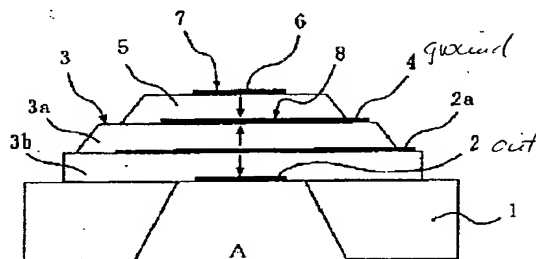
## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001185984 A**(43) Date of publication of application: **06.07.01** ✓(51) Int. Cl. **H03H 9/17**(21) Application number: **11366873**(71) Applicant: **KYOCERA CORP**(22) Date of filing: **24.12.99**(72) Inventor: **KAMIGAKI YASUYO**(54) **STACKED FILTER**

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a stacked BAW filter which has high mechanical reliability and a wide bandwidth and can deal with high frequency.

**SOLUTION:** An output electrode 2, an output piezoelectric substance 3, a ground electrode 4, an input piezoelectric substance 5 and an input electrode 6 are successively stacked on a substrate 1 having a vibration space A so as to cover this space. In such a constitution of a stacked filter, the substance 3 and 5 are constituted of ferroelectric substances and the substance 3 and/or 5 comprise a layered product including the piezoelectric substances 3a and 3b having different polarizing directions.



COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-185984  
(P2001-185984A)

(43) 公開日 平成13年7月6日(2001.7.6)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 3 H 9/17

識別記号

F I

H 0 3 H 9/17

サーチコード(参考)

F 5 J 1 0 8

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-366873

(22) 出願日 平成11年12月24日(1999. 12. 24)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田島羽殿町6番地

(72) 発明者 神垣 耕世

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

Fターム(参考) 5J108 AA07 BB05 CC04 CC13 DD01

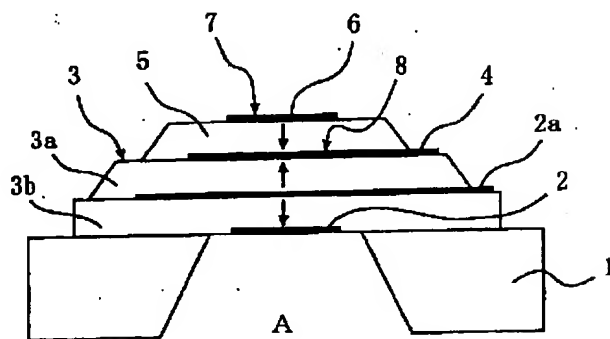
DD06 EE03 EE07 JJ01

(54) 【発明の名称】 積層型フィルタ

(57) 【要約】

【課題】機械的に信頼性が高く、高周波数に対応でき、帯域幅の広い積層型BAWフィルタを提供する。

【解決手段】振動空間Aを有する基体1上に、前記振動空間Aを被覆するように出力電極2、出力用圧電体3、接地電極4、入力用圧電体5、入力電極6が順次積層されてなる積層型フィルタにおいて、出力用圧電体3および入力用圧電体5が強誘電体からなり、入力用圧電体3および/または出力用圧電体5が分極方向の異なる圧電体3a、3bの積層体からなることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】振動空間を有する基体上に、前記振動空間を被覆するように出力電極、出力用圧電体、接地電極、入力用圧電体、入力電極が順次積層されてなる積層型フィルタにおいて、前記出力用圧電体および前記入力用圧電体が強誘電体からなり、前記入力用圧電体および／または前記出力用圧電体が分極方向の異なる複数の圧電体の積層体からなることを特徴とする積層型フィルタ。

【請求項2】前記複数の圧電体の各々の厚みが、 $1\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の積層型フィルタ。

【請求項3】強誘電体の厚み縦振動モードの結合係数が6%以上であることを特徴とする請求項1乃至2のうちいずれかに記載の積層型フィルタ。

【請求項4】圧電体が $\text{PbZrTiO}_3$ 系および／または $\text{PbTiO}_3$ 系圧電材料からなることを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれかに記載の積層型フィルタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、携帯電話や無線LAN等に用いられる積層型フィルタに関するもので、特に、圧電体の厚み縦振動の共振を利用した積層型フィルタに関するものである。

## 【0002】

【従来技術】近年、無線通信や電気回路に用いられる周波数の高周波数化が進んでおり、これに伴って、これらの電気信号に対して用いられるフィルタも高周波数に対応したものが要求され、開発が行われている。

【0003】最近、特に、バルク・アコースティック・ウェーブ・レゾネーター(BAWR)と呼ばれる共振子を利用したフィルタの開発が進められている。これは、入力される高周波電気信号に対して、圧電体薄膜が振動を起こし、その振動が、薄膜の厚さ方向に共振を起こすことを用いた共振子であり、これを複数並べることにより、GHz領域の高い共振周波数に対応したフィルタが期待されている。

【0004】特に、積層型BAWフィルタはSCF(Stacked Crystal Filter)とも呼ばれ、図5に示すように、基体41と、該基体41表面上の振動空間に面するように形成された出力電極42と、該出力電極42上に形成された出力用圧電体43と、該出力用圧電体43上に形成された接地電極44と、該接地電極44上に形成された入力用圧電体45と、該入力用圧電体45上に形成された入力電極46とからなるものである(例えばIEEE TRANSACTION ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, vol. 41, No.6/7, pp.1075-1080, 1993参照)。

【0005】ここで、基体41はGaAsからなり、出力電極42、接地電極44および入力電極46は、AlとTiとの積層膜からなり、また、出力用圧電体43および入力用圧電体45はAlNからなっている。なお、

出力電極42、接地電極44および入力電極46は、外部との電気的接続を行うために、それぞれ引き出し電極が形成されて接続されている。

【0006】そして、フィルタは、入力電極46と接地電極44とで入力用圧電体45を挟持してなる入力振動体47と、出力電極42と接地電極44とで出力用圧電体43を挟持してなる出力用振動体48とから構成されており、換言すれば、2組の圧電薄膜振動子が上下に当接して形成されている。この2つの振動体47、48は、互いに音響的に結合されているため、高周波からなる入力信号に対して入力振動体が振動すると、その振動が一定の周波数の時にのみ出力振動体48が振動し、特定の周波数を取り出すことができる。

【0007】したがって、積層型BAWフィルタにより、高周波数に対応した小型化のフィルタを得ることが可能であった。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記文献の積層型BAWフィルタでは、出力用圧電体43と入力用圧電体45とが、電気機械結合係数が小さいAlNで構成されているため、フィルタの帯域幅が狭く、選択できる周波数領域が狭いという問題があった。

【0009】そこで、AlNの代わりに電気機械結合係数の高い強誘電体を用いれば良いが、積層型BAWフィルタの厚みは、 $2\mu\text{m}$ 程度と薄いため、振動空間A上に形成された場合には、強度の低い強誘電体では薄膜にクラックが生じたり、破壊されるという問題があった。

【0010】また、強誘電体はAlNなどに比べて音速が小さく、AlNを用いた積層型BAWフィルタと同程度のフィルタ周波数を実現するためには、強誘電体の膜みをAlNの厚みの半分以下にする必要があり、ますます機械的強度が小さくなるという問題があった。

【0011】また逆に、強誘電体の厚みを大きくして膜全体の強度を高めた場合、厚み縦振動を用いるBAWフィルタの共振周波数が低下し、その結果、フィルタとして対応できる周波数が低下してしまうという問題があった。

【0012】したがって、本発明の目的は、機械的に信頼性が高く、高周波数に対応でき、帯域幅の広い積層型BAWフィルタを提供することにある。

## 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の積層型フィルタは、振動空間を有する基体上に、前記振動空間を被覆するように出力電極、出力用圧電体、接地電極、入力用圧電体、入力電極が順次積層されてなる積層型フィルタにおいて、前記出力用圧電体および前記入力用圧電体が強誘電体からなり、前記入力用圧電体および／または前記出力用圧電体が分極方向の異なる複数の圧電体の積層体からなることを特徴とするもので、これにより広帯域な積層型BAWフィルタを実現し、かつ、フィルタの膜み

を大きくしても周波数を低下することなく、機械的強度を高めることができる。

【0014】特に、前記複数の圧電体の各々の厚みが、 $1\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、GHz帯の周波数に対応することができる。

【0015】さらに、強誘電体の厚み縦振動モードの結合係数が6%以上であることが好適であり、周波数の帯域幅を広くすることができる。また、圧電体がPbZrTiO<sub>3</sub>系および／またはPbTiO<sub>3</sub>系圧電材料からなることが好ましく、これによりさらに広帯域のフィルタを実現できる。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の積層型フィルタは、図1に示すように、基体1上に振動空間Aに面するように、出力電極2が設けられており、さらに、出力電極2上に出力用圧電体3、接地電極4、入力用圧電体5および入力電極6が順次設けられている。

【0017】そして、出力用圧電体3は、2つの圧電体3a、3bと分極用電極2aから構成され、2つの圧電体3a、3bとで分極用電極2aを挟持するように設けられている。圧電体3aおよび3bは、図1に示した矢印のように、互いに逆向きの分極方向を有している。

【0018】さらに、接地電極4と入力電極6で入力用圧電体5を挟持して入力用振動体7が形成されており、また一方では、出力電極2と接地電極4とで出力用圧電体3を挟持するように出力振動体8が形成されている。

【0019】このような構成の積層型フィルタの入力電極6に印加した高周波信号に対して、入力用振動体7が振動する。そして、特定の周波数の場合において、出力用振動体8が共振し、出力電極2に出力が得られる。このとき、出力用振動体8における圧電体3aおよび3bは、それぞれ半波長の定在波が形成されており、その周波数は圧電体3aまたは3bの膜厚により決定される。

【0020】本発明に用いられる圧電体は、強誘電体であることが重要である。すなわち、強誘電体ではない典型的な圧電体であるZnO、AlNにおいては外部電界による分極反転は不可能であり、実質上分極の制御は困難である。しかし、圧電体が強誘電体であれば、分極軸の向きを分極用電極を用いて容易に逆向きにできるため、分極方向の異なる圧電体を積層させることにより、各圧電体に半波長の定在波を固定させることができる。なお、接地電極4を挟む入力用圧電体5と圧電体3aとの分極方向は、同一でも反対でもかまわない。しかし、損失を考慮すると、図1に矢印で示したように、分極方向はお互いに反対であることが好ましい。

【0021】したがって、図1のように、出力用圧電体3の厚さが入力用圧電体5の厚さの2倍（または整数倍）であっても、GHz帯という高周波での共振が可能となり、その結果、フィルタとして帯域幅を広く取ることができ、また、厚さを大きくできるので機械的信頼性

を改善することができる。すなわち、出力用圧電体3は、2層の圧電体3a、3bからなる積層体となっており、図5の従来構造に比べて同じ周波数を得ながら、しかもフィルタ全体の厚みが大きい分だけフィルタの強度を向上でき、安定した動作を得ることができ、また寿命も長くすることができる。

【0022】また、それぞれ一定方向に分極された複数の圧電体厚みが、各々 $1\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。すなわち、図1における圧電体3a、3bおよび入力用圧電体5の膜厚が $1\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これは、圧電体の振動周波数が膜厚に依存するためであり、膜厚が小さいほど周波数が大きくなり、膜厚が大きくなると周波数が小さくなるからである。そして、GHz帯でフィルタを使用されるためには、個々の圧電体の膜厚を $1\mu\text{m}$ 以下にする必要がある。

【0023】さらに、各々の圧電体の膜厚が略同一であることが望ましい。図1においては、圧電体3a、3bおよび入力用圧電体5の膜厚が略同一になることが望ましい。これは、フィルタとして使用される周波数が入力用圧電体の膜厚で決まり、効率よく出力用圧電体が共振するためには、出力用圧電体の各々の層厚が入力用圧電体の厚さと等しいとき最も効率よく共振するからである。

【0024】圧電体は、厚み縦振動の電気機械結合係数が6%以上であることが好ましく、それを実現するためには、圧電体材料にPbZrTiO<sub>3</sub>系および／またはPbTiO<sub>3</sub>系圧電材料を用いることが望ましい。PbZrTiO<sub>3</sub>系圧電材料は、電気機械結合係数が大きく、また、抗電界が比較的小さい為、分極を効率よく行うことができるため、大きな電気機械結合係数が容易に得られ、広帯域なフィルタを実現できる。また、PbTiO<sub>3</sub>系圧電材料は、電気機械結合係数はPbZrTiO<sub>3</sub>系圧電材料に比べ若干小さいものの、フィルタの挿入損失を左右する機械的品質係数が大きく、広帯域で低損失なフィルタを実現できる。

【0025】PbZrTiO<sub>3</sub>系および／またはPbTiO<sub>3</sub>系圧電材料からなる出力用圧電体3a、3bおよび入力用圧電体5は、高周波マグネトロンスパッタ法等の気相成膜法やゾルゲル法等の溶液法で形成できる。

【0026】出力電極2、分極用電極2a、接地電極4および入力電極6には、付着強度の点でAl、PtまたはAuが望ましい。また圧電体膜形成の容易さの点で、PtまたはAuが特に好ましい。出力電極2、分極用電極2a、接地電極4および入力電極6の膜厚は、フィルタ周波数に影響を小さくするとともに、導電性を確保するために、20～300nmの範囲とすることが望ましい。また、電気抵抗と質量負荷効果を考慮すると、特に50～200nmが望ましい。なお、電極材料と圧電体材料との密着性を向上するために、5～50nm、特に10～30nmの膜厚で、Tiなどの密着層を電極材料

と圧電材料との間に形成しても差し支えない。

【0027】出力電極2、分極用電極2a、接地電極4および入力電極6は、高周波マグネトロンスパッタ法等の気相成膜法により形成できる。

【0028】基体1は、砒化ガリウム（単結晶）、シリコンまたはサファイアなどであり、基体1表面に形成する圧電体の表面が平滑になるために、十分な平坦度と表面粗さ、例えば1 $\mu$ m以下の平坦度とRa0.1 $\mu$ m以下の表面粗さを保有していれば、特に材料を限定するものではない。

【0029】また、基体1は、KOH等を用いた化学的エッチング法や、反応性イオンエッチング法等を用いたエッチングにより、振動空間Aが設けられている。なお、基体1の振動空間Aとは、出力用振動体8の振動を基体1に伝達しないための空間を言い、基体1に貫通孔を形成したり、基体1の出力電極2を形成する部分に凹状の窪みを形成したりすることにより作製される。

【0030】以上のように構成された本発明の積層型フィルタでは、入力用圧電体および／または出力用圧電体を、分極軸の向きが互いに逆方向の2層以上の強誘電体からなる積層体とすることにより、フィルタの厚みが大きくなっても、低損失で広帯域な高周波用フィルタが実現でき、フィルタの機械的強度を改善できる。

【0031】図2は本発明の他の例を示すものであり、基体11上に振動空間Aに面するように、出力電極12が設けられており、さらに、出力電極12上に出力用圧電体13、接地電極14、入力用圧電体15および入力電極16が順次設けられている。ここで、出力電極12、接地電極14および入力電極16は、外部との電氣的接続を行うために、それぞれ引き出し電極が形成されて接続されている。

【0032】そして、出力用圧電体13は、3つの圧電体13a、13bおよび13cと、2つの分極用電極12aおよび12bから構成されている。圧電体13a、13bおよび13cは、図2に示した矢印のように、互いに逆向きの分極方向を有している。なお、入力用圧電体15は、接地電極14を挟んだ圧電体13aと逆向きの分極方向を有している。また、出力用圧電体13を構成する3つの圧電体13a、13bおよび13cと入力用圧電体15の厚さは、それぞれ1 $\mu$ m以下であることが好ましい。

【0033】さらに、接地電極14と入力電極16で入力用圧電体15を挟持して入力用振動体17が形成されており、また一方では、出力電極12と接地電極14とで出力用圧電体13を挟持するように出力振動体18が形成されている。

【0034】出力用振動体13は、3層の積層体となっており、フィルタ全体の厚みが大きくなっているため、図1の2層の場合と同じ周波数を得ながら、しかもフィルタの強度をさらに向上することができる。

【0035】図3は本発明のさらに他の例を示すものであり、基体21上に振動空間Aに面するように、出力電極22が設けられており、さらに、出力電極22上に出力用圧電体23、接地電極24、入力用圧電体25および入力電極26が順次設けられている。ここで、出力電極22、接地電極24および入力電極26は、外部との電氣的接続を行うために、それぞれ引き出し電極が形成されて接続されている。

【0036】そして、入力用圧電体25は、2つの圧電体25aおよび25bと分極用電極26aから構成されている。圧電体25aおよび25bは、図3に示した矢印のように、互いに逆向きの分極方向を有している。なお、出力用圧電体23は、接地電極24を挟んだ圧電体25bと逆向きの分極方向を有している。

【0037】さらに、接地電極24と入力電極26で入力用圧電体25を挟持して入力用振動体27が形成されており、また一方では、出力電極22と接地電極24とで出力用圧電体23を挟持するように出力振動体28が形成されている。ここで、入力用圧電体25は2層の圧電体25aおよび25bの積層体で、出力用圧電体23は1層であり、図1のフィルタと同様に、低損失で広帯域な高周波用フィルタが実現でき、フィルタの機械的強度を改善できる。

図4は本発明のさらに他の例を示すものであり、基体31と、該基体31表面上の振動空間に面するように出力電極32が設けられており、さらに、出力電極32上に出力用圧電体33、接地電極34、入力用圧電体35および入力電極36が順次設けられている。ここで、出力電極32、接地電極34および入力電極36は、外部との電氣的接続を行うために、それぞれ引き出し電極が形成されて接続されている。

【0038】そして、入力用圧電体35は、2つの圧電体35aおよび35bと分極用電極36aから構成されており、出力用圧電体33は、3つの圧電体33a、33bおよび33cと分極用電極32aおよび32bから構成されている。また、圧電体33a、33b、33c、35aおよび35bは、図4に示した矢印のように、互いに逆向きの分極方向を有している。

【0039】さらに、接地電極34と入力電極36で入力用圧電体35を挟持して入力用振動体37が形成されており、また一方では、出力電極32と接地電極34とで出力用圧電体33を挟持するように出力振動体38が形成されている。入力用圧電体35は、2層の圧電体35aおよび35bの積層体からなり、出力用圧電体33は3層の圧電体33a、33bおよび33cの積層体からなり、全体で5層の圧電体を有し、さらに一層機械強度にすぐれた高周波域のフィルタを実現できる。

【0040】

【実施例】実施例1

図1に示す積層型BAWフィルタを作製した。まず、S

i 基板の両面に、減圧CVD法により窒化珪素膜（以後SN膜という）を形成した。この基体1上に、出力電極2を形成した。RFマグネトロンスパッタ法によりTiを形成し、その上にAu膜を形成した。すなわち、TiはRFパワー300W、Auは100Wで、Arをスパッタガスとして基板温度500℃で作製した。Ti、Auの膜厚は各々30nm、150nmであり、このAu、Ti電極をフォトリソグラフ法と化学的エッチング法により、所望の形状に加工した。

【0041】次に、作製したTi、Au膜の上に、圧電体3bとしてPbZrTiO<sub>3</sub>膜をゾルゲル法により、以下のように形成した。

【0042】1mol/l濃度ゾルゲル溶液をスピコート法により塗布し、360℃で1分間熱処理してゲル膜を作製した。塗布、熱処理を5回繰返した後、700℃で4分間焼成した。溶液塗布、熱処理によるゲル膜形成工程をさらに5回繰返し、700℃で5分間焼成した。得られたPbZrTiO<sub>3</sub>の膜厚は700nmであった。

【0043】ゾルゲル溶液は、以下のように作製した。酢酸Pb無水物、Zrイソプロポキシド、Tiイソプロポキシドを出発原料とし、2-メトキシエタノールを溶媒として作製した。Zr、Ti原料を、溶媒の2-メトキシエタノールと混合、溶解し、1mol/l濃度のZr、Ti溶液を作製した。所望の組成比でZr及びTi溶液を混合し、酢酸鉛と溶媒を混合し、124℃で2時間還流処理を行った。室温へ冷却後、所定量のアセチルアセトン添加・混合してゾルゲル溶液を作製した。

【0044】次に、フォトリソグラフ法と化学エッチング法により、圧電体3bを所望の形状に加工した。そして、圧電体3bの上に、分極電極2aとしてTiとAuをRFマグネトロンスパッタ法により形成し、フォトリソグラフ法と化学的エッチング法により、所望の形状に加工した。スパッタ条件は、それぞれRFパワー300Wと100Wで、Arをスパッタガスとして基板温度300℃で作製した。膜厚はTiが10nm、Auが50nmである。

【0045】さらに、分極電極2aの上に、ゾルゲル法によりPbZrTiO<sub>3</sub>膜からなる圧電体3aを作製した。作製条件は圧電体3bと同様である。次いで、圧電体3aをフォトリソグラフ法と化学エッチング法により、所望の形状に加工した。

【0046】次に、圧電体3aの上に、接地電極4としてTiとAuをRFマグネトロンスパッタ法により形成し、フォトリソグラフ法と化学的エッチング法により、所望の形状に加工した。スパッタ条件は、それぞれRFパワー300Wと100Wで、Arをスパッタガスとして基板温度300℃で作製した。膜厚はTiが10nm、Auが150nmである。

【0047】さらに、接地電極4の上に、ゾルゲル法に

よりPbZrTiO<sub>3</sub>膜からなる入力用圧電体5を作製した。作製条件は圧電体3bと同様である。次いで、フォトリソグラフ法と化学的エッチング法により、入力用圧電体5を所望の形状に加工した。

【0048】最後に、入力用圧電体5の上に、入力電極6としてAlをRFマグネトロンスパッタ法により形成し、フォトリソグラフ法と化学的エッチング法により所望の形状に加工した。スパッタ条件は、RFパワー300W、Arをスパッタガスとして基板温度100℃である。膜厚は100nmである。

【0049】次に、電極、圧電体を形成加工した面と反対の基板面に減圧CVDで形成した窒化珪素膜を、フォトレジスト法とRIEを用いてパターニングし、専用治具を用いることによりKOH溶液によりSi基板をエッチング除去し、基体にビアホールを形成し、フィルタ構造を作製した。

【0050】最後に、各圧電体3a、3b、5が互いに逆方向の分極軸方向を示すように分極した。分極条件は、80℃、DC電圧10V、10秒間である。

【0051】得られた積層型BAWフィルタのフィルタ特性は、RFネットワークアナライザHP8719C（ヒューレットパッカード社製）と、RFマイクロプローブを用い、S21の周波数特性を測定する事により評価した。-3dBの周波数幅を帯域幅とした。また、機械的強度は、4インチSiウエハ上に50個の素子を形成し、破損せず、正常に作動した素子数で評価した。

【0052】その結果、約2GHzでフィルタ特性を示し、75MHzの帯域幅が得られた。また、機械的強度については、50素子中、破損した素子数は6個であり、44個のフィルタが得られた。

#### 実施例2

図2に示す積層型フィルタを作製した。作製方法は実施例1と同様であった。また、得られた積層型フィルタを実施例1と同様に評価した。

【0053】その結果、約2GHzでフィルタ特性を示し、73MHzの帯域幅が得られた。また、機械的強度については、50素子中、破損した素子数は4個であり、46個のフィルタが得られた。

#### 実施例3

図3に示す積層型フィルタを、PbTiO<sub>3</sub>を用いて作製した。作製方法は実施例1と同様であった。また、得られた積層型フィルタを実施例1と同様に評価した。

【0054】その結果、約2GHzでフィルタ特性を示し、65MHzの帯域幅が得られた。また、機械的強度については、50素子中、破損した素子数は5個であり、45個のフィルタが得られた。

#### 実施例4

図4に示す積層型フィルタを作製した。作製方法は実施例1と同様であった。また、得られた積層型フィルタを実施例1と同様に評価した。

【0055】その結果、約2GHzでフィルタ特性を示し、70MHzの帯域幅が得られた。また、機械的強度については、50素子中、破損した素子数は1個であり、49個のフィルタが得られた。

#### 比較例1

図5に示す従来の積層型フィルタを、AlNを用いて以下のように作製した。まず、減圧CVD法でSi基板の両面に形成した窒化珪素膜上に、出力電極42としてAlをRFスパッタ法により形成し、フォトリソグラフ法と化学的エッチング法により加工した。基板温度200℃で、RFパワー300W、Arガスをスパッタガスとして用いて成膜した。膜厚は100nmであった。

【0056】次に、RFマグネトロンスパッタ法により、AlNを成膜し、出力用圧電体43を形成した。Alターゲットを用い、基板温度は200℃、RFパワー400W、Nガスをスパッタガスとして作製した。次いで、フォトリソグラフ法と化学的エッチング法により、出力用圧電体43を所望の形状に加工した後、接地電極44としてAl膜を出力電極42と同様に形成した。

【0057】さらに、その上にRFマグネトロンスパッタ法によりAlNを出力用圧電体43と同様に成膜し、入力用圧電体45を形成した後、出力電極46としてAl膜を出力電極42と同様に形成した。

【0058】最後に、フォトリソグラフ法と、化学的エッチング法により入力圧電体45を加工し、積層型フィルタを作製した。また、得られた積層型フィルタを実施例1と同様に評価した。

【0059】その結果、約2GHzでフィルタ特性を示し、25MHzの帯域幅が得られた。また、機械的強度については、50素子中、破損した素子数は1個であり、49個のフィルタが得られた。

#### 比較例2

図5に示す積層型フィルタを、PbZrTiO<sub>3</sub>を用いて作製した。すなわち、出力用圧電体43および入出力用圧電体45としていずれも700nmの厚さのPbZrTiO<sub>3</sub>膜を形成し、出力電極42、接地電極44および入力電極46としてTi、Au膜を形成した。作製方法は実施例1と同様に行った。また、得られた積層型フィルタを実施例1と同様に評価した。

【0060】その結果、約2GHzでフィルタ特性を示し、77MHzの帯域幅が得られた。しかし、機械的強度については、50素子中、破損した素子数は47個で

あり、わずか3個のフィルタが得られた。

#### 比較例3

図5に示す積層型フィルタを、PbZrTiO<sub>3</sub>を用いて作製した。比較例2と同様な構造で、入力用圧電体45の厚さは700nmであるが、出力用圧電体43の厚さを2000nmとした。また、得られた積層型フィルタを実施例1と同様に評価した。

【0061】その結果、2GHzでのフィルタ特性を示したが、40MHzの帯域幅しか得られなかった。また、機械的強度については、50素子中、破損した素子数は1個であり、49個のフィルタが得られた。

#### 【0062】

【発明の効果】本発明の積層型フィルタは、音響結合型の積層型フィルタにおいて、圧電体に強誘電体を用いると共に、分極軸方向が互いに逆向きの圧電体を積層することにより、機械的に信頼性が高く、高周波数に対応でき、帯域幅の広い積層型BAWフィルタを得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の積層型フィルタの構造を示す断面図である。

【図2】本発明の他の積層型フィルタの構造を示す断面図である。

【図3】本発明のさらに他の積層型フィルタの構造を示す断面図である。

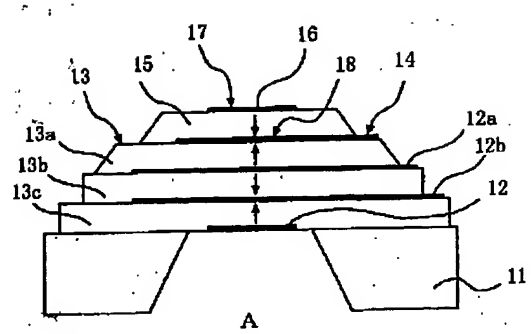
【図4】本発明のさらに他の積層型フィルタの構造を示す断面図である。

【図5】従来の積層型フィルタの構造を示す断面図である。

#### 【符号の説明】

- 1・・・基体
- 2・・・出力電極
- 2a・・・分極用電極
- 3・・・出力用圧電体
- 3a、3b・・・圧電体
- 4・・・接地電極
- 5・・・入力用圧電体
- 6・・・入力電極
- 7・・・入力用振動体
- 8・・・出力用振動体
- A・・・振動空間

【図2】



【例4】

